

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-133569

(43)Date of publication of application : 12.05.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G03F 7/207

(21)Application number : 10-303690

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 26.10.1998

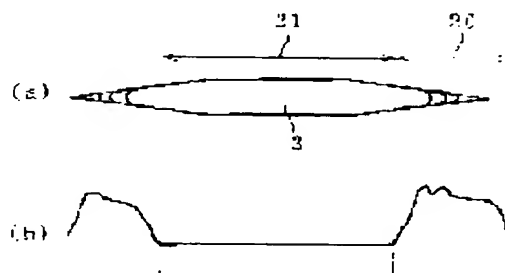
(72)Inventor : SUGANAGA TOSHIFUMI

(54) METHOD FOR CORRECTING FOCUSING AND MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To directly obtain the level and direction of the deviation in focus from a mark for measuring focus.

SOLUTION: A level of deviation in focus is measured from the length in the longitudinal direction of a mark 3 for measuring focus. The length of a taper part 20 of the mark 3 for focus measurement, at which the thickness of resist is made gradually thin is measured from the secondary electronic signal waveform of a scanning type electronic microscope. Then, the direction of the deviation of focus is found from the measured length of the taper part 20.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-133569

(P2000-133569A)

(43) 公開日 平成12年5月12日 (2000.5.12)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 7/207

F I

テマコード* (参考)

H 0 1 L 21/30

5 2 6 Z

5 F 0 4 6

G 0 3 F 7/207

H

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願平10-303690

(22) 出願日

平成10年10月26日 (1998. 10. 26)

(71) 出願人 00006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 菅長 利文

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100089233

弁理士 吉田 茂明 (外2名)

Fターム(参考) 5F046 BA04 CB17 DA05 DA14 DB04

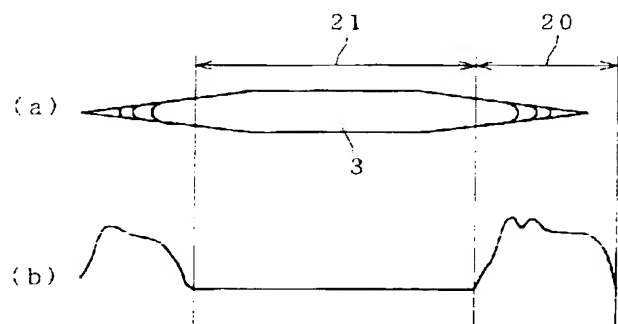
DB11 DC14 DD03

(54) 【発明の名称】 フォーカスの補正方法および半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 フォーカスのずれの程度とずれの方向をフォーカス測定用マークから直接的に得る。

【解決手段】 フォーカス測定用マーク3の長手方向の長さからフォーカスのずれの程度を測定する。フォーカス測定用マーク3においてレジストの厚みがだんだんに薄くなるテーパー部20の長さを非接触型電子顕微鏡の二次電子信号波形から測定する。測定されたテーパー部20の長さからフォーカスのずれの方向を知る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 フォーカス値の設定によってフォーカスの位置の調整が可能な露光装置におけるフォーカスの補正方法において、

前記露光装置の露光によってレジストをパターンニングする際に当該レジストにフォーカス測定用マークを形成し、前記レジストパターンを形成するパターンニング工程と、

前記フォーカス測定用マークの長手方向の長さを測定する第1の測定工程と、

前記フォーカス測定用マークの前記レジストの厚みが当該フォーカス測定用マークの端部に行くに従って薄くなるテーパ部の長さを測定する第2の測定工程と、

前記第1の測定工程の測定結果からベストフォーカスからのずれの程度を決定するとともに前記第2の測定工程の結果から前記ベストフォーカスからのずれの向きを決定してベストフォーカスからのずれ量を求め、当該ベストフォーカスからのずれ量に基づいて前記フォーカス値を設定するフォーカス値設定工程とを備えるフォーカスの補正方法。

【請求項2】 同一品種複数組の製品について前記フォーカス値設定工程を繰り返す毎に、前記ベストフォーカスからのずれ量に関するデータを蓄積するデータ蓄積工程と、

前記データを統計的に処理することによって露光時にベストフォーカスとなる予想フォーカス値を算出し、当該予想フォーカス値に基づいてフォーカス値の設定を行うフォーカス値設定工程とをさらに備える、請求項1記載のフォーカスの補正方法。

【請求項3】 前記データ蓄積工程は、前記フォーカス値と前記ベストフォーカスからのずれ量との和を真のずれ量として定義し、複数組の製品に係わる真のずれ量をデータとして蓄積する工程を含み、

前記フォーカス値設定工程は、前記データ蓄積工程で蓄積されたデータの中から所定組数の製品に係わる真のずれ量を抽出し、当該所定組数の製品に係わる真のずれ量の平均値を前記予想フォーカス値とすることを特徴とする、請求項2記載のフォーカスの補正方法。

【請求項4】 前記フォーカス値設定工程は、蓄積された前記データの内から所定組数の製品に係わる真のずれ量を算出し、当該所定組数の製品に係わる真のずれ量の平均値に、前記複数組の製品中で相前後して製造された少なくとも二組の製品に関する真のずれ量の差に比例する値を加え、その和を前記予想フォーカス値とすることを特徴とする、請求項2記載のフォーカスの補正方法。

【請求項5】 前記フォーカス測定用マークを一つのショットに複数配置し、前記フォーカス測定用マークが配置されている各点における前記レジストパターンのベストフォーカス値からのずれ量に基づいて前記ショットの傾きを算出し、当該傾きを考慮して前記予想フォーカス

値をを求めることを特徴とする、請求項1から請求項4のうちのいずれか一項に記載のフォーカスの補正方法。

【請求項6】 前記フォーカス測定用マークを一つのショットの周辺部と中心部に配置し、前記ショットの周辺部におけるベストフォーカスからの真のずれ量と中心部におけるベストフォーカスからのずれ量との間にある値に基づいて、前記予想フォーカス値を算出することを特徴とする、請求項1から請求項4のうちのいずれか一項に記載のフォーカスの補正方法。

【請求項7】 前記フォーカス測定用マークを一つのショット内の複数箇所に配置し、前記複数箇所で測定されるベストフォーカスからの真のずれ量に前記ショット内のパターンレイアウトや配置に応じた重みを付けて平均化処理をして前記予想フォーカス値を算出することを特徴とする、請求項1から請求項4のうちのいずれか一項に記載のフォーカスの補正方法。

【請求項8】 前記フォーカス測定用マークを一つのショット内の少なくとも1箇所以上に配置し、複数の露光ウェーハ内数カ所に形成される前記フォーカス測定用マークのずれ量より前記ウェーハの残留反り量を計算し、当該残留反り量を加味して前記予想フォーカス値を求めることを特徴とする、請求項1から請求項7のうちのいずれか一項に記載のフォーカスの補正方法。

【請求項9】 前記フォーカス測定用マークは、90度以下の角を少なくとも1つ以上もつ多角形であることを特徴とする、請求項1から請求項8のうちのいずれか一項に記載のフォーカスの補正方法。

【請求項10】 請求項1から請求項9のいずれかのフォーカスの補正方法を使用してフォーカス補正される露光装置を用いて半導体装置を製造することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、露光装置（ステッパー）におけるフォーカスの補正方法およびそのフォーカスの補正方法を使用してフォーカス補正される露光装置を用いる半導体装置の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、露光装置のフォーカスに関する管理は、1日に数回程度行われるフォーカスキャリブレーション（ステッパーとレティクル間の距離を測定し、その変動量を露光時のフォーカスにフィードバックする管理）と、1月間に数回程度行われる検査用のレティクルを用いたレジストパターン焼付けによるベストフォーカスのチェック（レジストパターン焼付けにより、検査用パターンを目視或いは計法測定などによる現行フォーカス値のベストフォーカスからのずれ量を算出し、露光装置にフィードバックする管理）と、レティクル機能とチェック（ウェーハの面と露光装置のショットの端面）傾斜を測定し、あわせこむ管理）からなっていた。これら

の管理は、時間からみて、精度を上げられないことから、数時間より短い周期を持つような、露光装置のフォーカスの周期的変動に対して追従できず、デフォーカスによるレジストパターンの変動の増大につながっている。

【00003】従来の露光装置として、例えば、ウェーハに形成した段差のマークから得た補正データに基づいてフォーカスを調整するものが特開平9-92606号公報に、検査用基板に焼き付けられた検査用パターンを用いてフォーカスを調整するものが特開平5-190419号公報に、フォーカス信号の位相ずれの補償を行うためにフォーカス情報に重み付けをしてフォーカスを調整するものが特開平7-86135号公報に記載されている。

【00004】

【発明が解決しようとする課題】従来のフォーカスの補正方法は以上のように行われているため、フォーカスのずれ量の測定が困難で、短い周期で製造される各ロット毎にフォーカスのずれ量を測定して次のロットにそのずれ量の測定結果を生かすことができず、フォーカス補正の精度を向上させることができないという問題がある。

【00005】この発明は上記の問題点を解消するためになされたものであり、デフォーカスの測定を簡単にして各ロット毎のフォーカス補正を可能にすることを目的とする。

【00006】

【課題を解決するための手段】第1の発明に係るフォーカスの補正方法は、フォーカス値の設定によってフォーカスの位置の調整が可能な露光装置におけるフォーカスの補正方法において、前記露光装置の露光によってレジストをパターンニングする際に当該レジストにフォーカス測定用マークを作り込んで前記レジストパターンを形成するパターンニング工程と、前記フォーカス測定用マークの長手方向の長さを測定する第1の測定工程と、前記フォーカス測定用マークの前記レジストの厚みが当該フォーカス測定用マークの側部に行くに従って薄くなるウェーハ部の長さを測定する第2の測定工程と、前記第1の測定工程の測定結果からベストフォーカスからのずれの程度を決定するとともに前記第2の測定工程の結果から前記ベストフォーカスからのずれの向きを決定してベストフォーカスからのずれ量を求め、当該ベストフォーカスからのずれ量に基づいて前記フォーカス値を設定するフォーカス値設定工程とを備えて構成される。

【00007】第2の発明に係るフォーカスの補正方法は、第1の発明のフォーカスの補正方法において、同一品種複数組の製品について前記フォーカス値設定工程を繰り返す毎に、前記ベストフォーカスからのずれ量に関するデータを蓄積するデータ蓄積工程と、前記データを統計的に処理することによって露光時にベストフォーカスとなる予想フォーカス値を算出し、当該予想フォーカ

ス値に基づいてフォーカス値を設定するフォーカス値設定工程とをさらに備えて構成される。

【00008】第3の発明に係るフォーカスの補正方法は、第2の発明のフォーカス補正方法において、前記データ蓄積工程は、前記フォーカス値と前記ベストフォーカスからのずれ量との和を真のずれ量として定義し、複数組の製品に係わる真のずれ量をデータとして蓄積する工程を含み、前記フォーカス値設定工程は、前記データ蓄積工程で蓄積されたデータの中から所定組数の製品に係わる真のずれ量を抽出し、当該所定組の製品に係わる真のずれ量の平均値を前記予想フォーカス値とすることを特徴とする。

【00009】第4の発明に係るフォーカスの補正方法は、第2の発明のフォーカス補正方法において、前記フォーカス値設定工程は、蓄積された前記データの中から所定組数の製品に係わる真のずれ量を算出し、当該所定組数の製品に係わる真のずれ量の平均値に、前記複数組の製品中で相前後して製造された少なくとも二組の製品に関する真のずれ量の差に比例する値を加え、その和を前記予想フォーカス値とすることを特徴とする。

【00010】第5の発明に係るフォーカスの補正方法は、第1から第5の発明のフォーカスの補正方法のいずれかにおいて、前記フォーカス測定用マークを一つのショットに複数配置し、前記フォーカス測定用マークが配置されている各点における前記レジストパターンのベストフォーカス値からのずれ量に基づいて前記ショットの傾きを算出し、当該傾きを考慮して前記予想フォーカス値をを求めることを特徴とする。

【00011】第6の発明に係るフォーカスの補正方法は、第1から第4の発明のフォーカスの補正方法のいずれかにおいて、前記フォーカス測定用マークを一つのショットの周辺部と中心部に配置し、前記ショットの周辺部におけるベストフォーカスからの真のずれ量と中心部におけるベストフォーカスからのずれ量との間にある値に基づいて、前記予想フォーカス値を算出することを特徴とする。

【00012】第7の発明に係るフォーカスの補正方法は、第1から第4の発明のフォーカスの補正方法のいずれかにおいて、前記フォーカス測定用マークを一つのショット内の複数箇所に配置し、前記複数箇所測定されるベストフォーカスからの真のずれ量に前記ショット内のパターンレイアウトや配置に応じた重みつけて平均化処理をして前記予想フォーカス値を算出することを特徴とする。

【00013】第8の発明に係るフォーカスの補正方法は、第1から第7の発明のフォーカスの補正方法のいずれかにおいて、前記フォーカス測定用マークを一つのショット内の少なくとも1箇所以上に配置し、複数の露光でウェーハ内複数所に形成される前記フォーカス測定用マークのずれ量より前記ウェーハの残留反り量を計算

し、当該減部反り量を加味して前記平均フォーカス値を求めることを特徴とする。

【0014】第9の発明に係るフォーカスの補正方法は、第1から第8の発明のフォーカスの補正方法のいずれかにおいて、前記フォーカス測定用マークは、90度以下の角を少なくとも1つ以上もつ多角形であることを特徴とする。

【0015】第10の発明に係る半導体装置の製造方法は、第1から第9の発明のいずれかのフォーカスの補正方法を使用してフォーカス補正される露光装置を用いて半導体装置を製造することを特徴とする。

【0016】

【発明の実施の形態】実施の形態1、以下、図1から図32を用いて実施の形態1によるフォーカスの補正方法について説明する。図1はウェーハとショットされた領域（以下単にショットという。）とフォーカス測定用マークとの関係を示す概念図である。図1において、1つのウェーハ1に対し、複数回の露光によりショット2が複数配置される。1つのショット2に対し少なくとも1つのフォーカス測定用マーク3が形成されるので、ウェーハ1には複数のフォーカス測定用マーク3が形成されるが、図1ではフォーカス測定用マーク3の図示を一部省略している。フォーカス測定用マーク3は、例えば図2に示すような平面形状をした図形100が描かれているレチクルを用いて形成される。図2の図形100は、角4の先端が削れていることを無視すれば、角4が90度よりも小さい角度を有している六角形とみなすことができる。この図形100の長手方向の長さは10 μ m、全幅は0.5 μ mである。左右に長いフォーカス測定用マーク3の長手方向の中心位置Oから左右1 μ mの所までは0.5 μ mの幅の部分を持っている。中心Oから左右1 μ mを超えて端部に向かうに従ってフォーカス測定用マーク3は直線的に細くなっており、先端の幅は0.1 μ mになっている。

【0017】露光装置（スチッパー）により、フォーカス測定用マーク3を含むショット2を配置する所定パターンで、ウェーハ1の上面に塗布されたレジスト膜を繰り返し露光する。このレジスト膜から光に曝された部分あるいは光に曝されていない部分を除去することで、パターン化が完了する。露光の際に、露光装置のフォーカスが正しいベストフォーカスからずれることによって、フォーカス測定用マーク3も含めて所定のパターン1の形状が変化する。

【0018】図3～図11はフォーカス測定用マーク3を走査型電子顕微鏡で観察して得られる画像を示す図である。図3～図11は、それぞれフォーカスの状態を変えてパターン化されたフォーカス測定用マーク3を、100000倍の倍率で斜めから観察した状態を示している。これらのフォーカス測定用マーク3は、図2に示す形状を並列に4本並べて構成されている。図3はベスト

フォーカス状態にあるフォーカス測定用マーク3を示している。図4から図7は、それぞれベストフォーカスから0.4、-0.8、-1.2、-1.6(μ m)だけフォーカスがずれた状態で形成されたフォーカス測定用マーク3を示している。一方、図8～図11は、それぞれベストフォーカスから0.4、0.8、1.2、1.6(μ m)だけフォーカスがずれた状態で形成されたフォーカス測定用マーク3を示している。また、図12～図20も4本のフォーカス測定用マーク3を走査型電子顕微鏡で観察して得られる画像を示す図である。ただし、図12～図20は、それぞれフォーカスの状態を変えてパターン化されたフォーカス測定用マーク3を、75000倍の倍率で真上から観察した状態を示している。図12はベストフォーカス状態にあるフォーカス測定用マーク3を示している。図13から図16は、それぞれベストフォーカスから0.4、-0.8、-1.2、-1.6(μ m)だけフォーカスがずれた状態で形成されたフォーカス測定用マーク3を示している。一方、図17～図20は、それぞれベストフォーカスから0.4、0.8、1.2、1.6(μ m)だけフォーカスがずれた状態で形成されたフォーカス測定用マーク3を示している。

【0019】図3～図20より、フォーカス測定用マーク3の長手方向の長さは、ベストフォーカスからのずれ量が大きくなるに従って短くなる傾向があることが分かる。図2に示したフォーカス測定用マーク3が描画されているレチクルを用いた場合、ベストフォーカス状態で長手方向の長さが8 μ m程度になる。しかし、1 μ mのデフォーカスによって長手方向の長さが1.5 μ mほど短くなる。このようにフォーカス測定用マークの長手方向の長さとの関係を調べ、予め、同一の条件でステップ処理が成されたときとみなせる複数組の製品に適用できる、図21のような特性曲線を記載したグラフが作成されて準備されている。例えば走査型電子顕微鏡（以下、SEMという。）を用いて、パターン化されたフォーカス測定用マーク3の長手方向の長さを測定することによって、デフォーカスの程度を判断することができる。図22は、SEMの構成を示す概念図である。SEM10は、電子を放射するヒーム管11に集束する電子銃11を備えている。この電子銃11から電子ビームをコリメータ14が細く絞り、その後、偏向コイル15は、走査電子ビーム16がウェーハ11の表面に走査電子ビーム16が当たるとウェーハ11の表面より二次電子が放出されるが、SEM10は、この二次電子を二次電子検出器17で捕らえて二次電子の量をプラーウ管18の走査線の明るさに変換し、ウェーハ11の表面の凹凸を映し出す。このようなSEM10によって、図3～図20に示すような像が観察できる。

【0020】ところで、フォーカス測定用マーク3の長

手方向の長さを測定した場合、デフォーカスの程度は判別できるが、正方向にずれているのか負方向にずれているのかの判断ができない。そこで、SEM10で観察される像から正負のいずれの方向にずれているかを判断するために、例えば図12に示されているようなテーパ部20の長さを測定する。図23は、SEM画像と二次電子信号波形との関係を示明するための図である。図23(a)のSEM画像では、テーパ部20と平坦部21とが判別できる。例えば図23(a)のSEM画像において、フォーカス測定用マーク3のレジストの厚みがフォーカス測定用マーク3の端部に行くと従って薄くなるテーパ部20では、二次電子の散乱が大きくなる。従って、その二次電子信号波形(図23(b)参照)から、明確にテーパ部20と平坦部21とを判別でき、テーパ部20の長さが測定できる。図24はテーパ部の長さとは逆フォーカスからのずれ量との関係を示すグラフである。図24のグラフは、ネガティブ型のレジストを用いた場合について、図3から図11に示されているテーパ部20の長さの変化の傾向をまとめたものである。負方向にフォーカスがずれているときには、テーパ部20の長さはほとんど変化しないかまたは少し減少する傾向がある。一方、正方向にフォーカスがずれているときには、テーパ部20の長さはデフォーカスの程度が大きくなるに従って長くなる。このような違いによってデフォーカスの方向を判別することができる。なお、ポジティブ型のレジストを用いる場合、テーパ部20の長さとは逆フォーカスからのずれ量との関係は、ずれ量が負の場合にテーパ部20の長さが増加するものとなる。

【0021】以上のレジストフォーカスからのずれ量の判定手順は、図25のようなフローチャートにまとめることができる。まず、フォーカス測定用マークが配置されているレジストを用いてレジストをパターンニングする。パターンニングされたフォーカス測定用マーク3の長手方向の長さをSEM10によって測定する(ステップST1)。ステップST1の測定結果から、フォーカスのずれ量とフォーカス測定用マーク3の長手方向の長さとの関係を用いて、ずれ量を決定する(ステップST2)。次に、フォーカス測定用マーク3のテーパ部20の長さをSEM10によって測定する(ステップST3)。ステップST3の測定結果から、デフォーカスの方向を決定する(ステップST4)。このように、フォーカス測定用マーク3に対応する図をレジストに描画しておけば、製造途中で製品を抜き出してフォーカスのずれ量を判断できるので、そのロットのみに製造されるロットに対し、そのロットのフォーカスずれ量に基づいてフォーカス値を設定することができる。

【0022】次に、過去のロットのフォーカスのずれ量に関するデータを統計的に処理しながら半導体装置の製造を行う生産システムについて説明する。図26は生産システムの一例を示すブロック図である。生産システム

の中には、半導体装置の製造管理を行う生産管理システム本体31があり、この生産管理システム本体31には、ステップ34やSEM10やその他の半導体製造装置32が参照用端末33を介して接続されている。この生産管理システム本体31に接続されるステップ34、半導体製造装置32及びSEM10は、それぞれ複数であってもよい。半導体製造装置32には、例えばスハータ装置やエッチング装置等がある。生産管理システム10では、ステップ34やその他の半導体製造装置32を用いてウェーハ1の上に例えば複数の半導体集積回路が形成される。半導体装置は、この半導体集積回路に組立工程などでリードフレームやリードやパッケージなどを取付けて形成される。生産管理システム本体31は、このステップ34やSEM10などから得られる、フォーカスに関するデータを管理する。フォーカスに関するデータにはフォーカスのずれ量が含まれ、フォーカスに関するデータは、生産管理システム本体31のデータベース31bに格納されている。生産管理システム本体31のフォーカス補正部31aは、データベース31bに格納されているデータを用いてフォーカスの補正を行うための予想フォーカス値を計算する。

【0023】生産管理システム本体31のデータベース31bには、例えば図27に示すような、データ番号1=1~4のデータが保管されている。これらのデータはデータ番号が小さいほど過去のデータであることを示しており、現時点に最も近い過去のデータ(以下最新データという。)をi=1として順番に数え上げたものである。例えばデータ番号i=1~4のデータの平均値をフォーカス補正部31aが計算し、統計的な処理を行って得られるその平均値に基づいてステップ34のフォーカス値F+1が設定される。つまり、予想フォーカス値をS0、各フォーカス値をSi、SEM10で測定されたずれ量を(-Ki)で表すと、予想フォーカス値は、 $S0 = \sum (Si - Ki) / n$ (式1)、で与えられる。ここで、総和(\sum)は、()中の値がi=1からi=nの時の値を全て合計した値で与えられる。この計算の手順は、例えば図28のフローチャートにまとめられているように、まず、その計算に用いるフォーカスに関するデータを選別する(ステップST1)。フォーカスに関するデータの中にも、製品が異なっていたり、古くなりすぎていたりするものがあるため、計算に用いるものだけを所定の基準に従って選別するのである。ここでは最新のデータを含めて新しい4つのデータが抽出されている。つまり、この例の場合には、所定の組数として最も新しい4つのロットのデータが抽出されている。これらのデータは、同一の条件でステップ処理がなされたものとみなされる製品である。換言すれば、これらのデータは、同一履歴(同じ種類の膜で同じ厚みの膜を形成する工程と同じ熱履歴を加える工程)を経て形成された製品である。次に、フォーカス値の真のずれ

量の計算を行う（ステップ12）。SEM10によって測定されるずれ量（ K_i ）は、前回設定したフォーカス値からのずれ量であるため、真のずれ量に対して前回設定したフォーカス値の分をけずれが小さく示される。そこで、SEM10で測定されるずれ量について前回設定したフォーカス値を補正して真のずれ量（ $S_i - K_i$ ）を算出する必要がある。次に、最新のデータから所定の回数（例えば4回）だけ前までさかのぼって真のずれ量の平均値を計算する（ステップ13）。このようにして計算された値が、次の露光に用いるフォーカス値

$$S_0 = \sum (S_i - K_i) / n + q \times \{ (S_1 - K_1) - (S_2 - K_2) \} \quad \dots (式2)$$

で与えられる。以下、式2に示すこの $\sum (S_i - K_i) / n$ の項を平均項、 $q \times \{ (S_1 - K_1) - (S_2 - K_2) \}$ の項を変動項という。式1、式2の n 、 q は統計的計算毎に適当に設定される定数である。例えば、 n は3以上にすることが好ましく、 q はベストフォーカスからのずれ量のほらつきが最も小さくなる値に設定することが好ましい。好ましい定数 n 、 q は例えば統計的計算を繰り返す中で経験的に導出すことができる。このように変動項を反映して予想フォーカス値を計算することにより、予想された真のずれ量が実際の真のずれ量に近づけることができ、フォーカス補正の確度を式1の場合に較べて改善することができる。なお、変動項は、一般的に、 $\sum q_j \times \{ (S_j - K_j) - (S_{j+1} - K_{j+1}) \}$ と表すことができ、その処理の前回の処理及び前々回の処理だけでなく、前々回以前の処理を計算に反映させてもよい。その際に、定数 q_j の値を個別に設定してもよい。真のずれ量の差を用いる場合には、直前のデータを用いるのが好ましいが、直前のデータでなくてもよい。予想フォーカス値の算出手順について、図30のフローチャートを用いて説明する。まず、平均値を予想フォーカス値として用いる場合と同様に、適切な過去のフォーカス値に関するデータ（真のずれ量に関するデータ）をデータベース31bから抽出して真のずれ量の平均値を計算する（ステップST11～ST13）。さらにデータベース31bから抽出したデータを用いて変動項の計算を行う（ステップST14）。ステップST13で算出した平均値に、ステップST14で出した変動項を加算して予想フォーカス値 S_0 を求める（ステップST15）。SEM10などによる測定より求めたベストフォ

$$F_x = \{ (S_a + S_c) / 2 - (S_b + S_d) / 2 \} / Dx \quad \dots (式3)$$

で与えられる。同様に、ショット2の傾きのY成分は、フォーカス測定用マーク3a、3bの midpoint とフォーカス測定用マーク3c、3dの midpoint とを結ぶ直線がフォーカ

$$F_y = \{ (S_a + S_b) / 2 - (S_c + S_d) / 2 \} / Dy \quad \dots (式4)$$

で与えられる。これら傾き F_x 、 F_y の単位は、ラジアンである。

【0026】この傾き F_x 、 F_y の補正も実施の形態1と同様にして予測することができる。傾きのXY成分の

ベスト予想フォーカス値といふことになる。

【0024】予想フォーカス値は、新しいデータ翌に変動を加算して求めることもできる。例えば、図27で示したデータ $i=1 \sim 4$ を用いて、図29に示すように予想フォーカス値 P_2 を設定することができる。つまり、最新のデータ $i=1$ とその前のデータ $i=2$ が示す真のずれ量の差 $VA1$ を q 倍した値 $VA2$ をデータ $i=1 \sim 4$ の平均値に加算して予想フォーカス値 P_2 を決める。一般的に、予想フォーカス値 S_0 は、

フォーカスからのずれ量（ $-K_i$ ）から真のずれ量を算出し、その値を式に代入し、次のロットの予想フォーカス値 S_0 を求めた場合と、フォーカス値の設定をしなかった場合（フォーカス値を固定した場合）との比較を図31に示す。式2を用いて求めた予想フォーカス値 S_0 を使用することで、ベストフォーカスからのずれ量の平均が0に近づき、変動が小さくなること分かる。

【0025】実施の形態2。図32は、実施の形態2のフォーカスの補正方法におけるショットとフォーカス測定用マークとの関係を示す平面図である。図32に示すように、ショット2の四隅にフォーカス測定用マーク3a～3dが配置されている。フォーカス測定用マーク3a、3cの間とフォーカス測定用マーク3b、3dの間にはいずれも一定の距離 Dy （ μm ）があり、フォーカス測定用マーク3a、3bの間とフォーカス測定用マーク3c、3dの間にはいずれも一定の距離 Dx （ μm ）がある。また、フォーカス測定用マーク3a、3bは互いに同じY座標上にあり、フォーカス測定用マーク3c、3dも互いに同じY座標上にある。フォーカス測定用マーク3a、3cは互いに同じX座標上にあり、フォーカス測定用マーク3b、3dは互いに同じX座標上にある。ショット2の傾きのX成分は、フォーカス測定用マーク3a、3cの midpoint とフォーカス測定用マーク3b、3dの midpoint とを結ぶ直線がフォーカス測定用マーク3b、3dの midpoint を通る、X軸に平行な直線に対してどの程度傾いているかで定義される。すなわち、傾きのX成分 F_x は、フォーカス測定用マーク3a～3dのフォーカスの真のずれ量を $S_a \sim S_d$ （ μm ）とすると、

フォーカス測定用マーク3c、3dの midpoint を通る、Y軸に平行な直線に対してどの程度傾いているかで定義される。すなわち、傾きのY成分 F_y は、

補正值を F_{xi} 、 F_{yi} と表すと、予想傾き補正值 F_{x0} 、 F_{y0} は、平均値を用いてそれぞれ、

$$F_{x0} = \sum (F_{xi} - F_{xi}) / n \quad \dots (式5)$$

$$F_{y0} = \sum (F_{yi} - F_{yi}) / n \quad \dots (式6)$$

て与えられる。

【0027】また、予想傾き補正值 $Fx0$ 、 $Fy0$ は、

$$Fx0 = \sum (Fxi - Exi) / n \\ + q \times \sum (Fxi - Exi) \quad (Fx2 - Fx2) + \dots \quad (式7)$$

$$Fy0 = \sum (Fyi - Eyi) / n \\ + q \times \sum (Fyi - Eyi) \quad (Fy2 - Fy2) + \dots \quad (式8)$$

で与えられる。この n 、 q は統計的計算毎に適当に設定される定数である。この傾き成分の値 E 、 E の過去のロットのデータを用いて、式7、式8のような統計的計算を行うことにより、予想傾き補正值($Fx0$ 、 $Fy0$)を算出し、この予測傾き補正值 $Fx0$ 、 $Fy0$ を用いて生産管理システム本体31がステップ4のショットの傾きを補正することにより、傾き補正の精度を向上させることができる。図33は、ショットの傾き補正を行う場合と行わなかった場合を比較するための、傾きのY成分の変化を示すグラフである。図33から、傾き補正を行うことにより、傾きの平均値が0に近づき、変動の幅も小さくなっていることが分かる。なお、上記実施の形態2では、フォーカス測定用マーク3が4つの場合について説明したが、少なくとも3つあればショット2の平面が特定され、それぞれ傾き成分を算出することができる。

【0028】実施の形態3。図34は、実施の形態3における、ショットとフォーカス測定用マークとの関係を示す平面図である。図35は、実施の形態3によるフォ

$$Sp = (Se - (Sa + Sb + Sc + Sd)) / 4 + 2 \dots \dots (式9)$$

で与えられる。このように像面湾曲を考慮してベストフォーカスに近づけることにより、ショット2の端部または中心部をベストフォーカス状態とする場合に較べてショット2の全体をベストフォーカスの状態に近づけることができる。なお、上記の説明では仮想的な平面PLを端部と中心部のずれの2分の1の所に配置しているが、2分の1の所に限るものではなく、端部または中心部のいずれかに近づけて配置してもよい。

$$S0 = \sum (Si - Spi) / n \\ + q \times \sum (S1 - Spi) \quad (S2 - Sp2) + \dots \dots (式11)$$

で与えられる。この n 、 q は統計的計算毎に適当に設定される定数である。このずれ量 Sp の過去のロットのデータを用いて、式10、式11のような統計的計算を行うことにより、予想フォーカス値 $S0$ を予測し、この予想フォーカス値 $S0$ を用いて生産管理システム本体31がステップ4を設定することにより、フォーカス補正の精度を向上させることができる。

【0032】実施の形態4。実施の形態4によるフォーカスの補正方法においても、例えば図36に示すように、一つのショット2内に複数のフォーカス測定用マーク3-1～3-mが配置される。図36において、フォーカス測定用マーク3-3～3-j、3-j+1～3-nは図示省略されている。各フォーカス測定用マーク3-1～3-mが配置されている周辺の領域は、必要とされる寸

法精度に変動項を加味してそれぞれ

フォーカス補正の概要を説明するための像面湾曲の概念図である。説明を容易にするために、図35では、実際よりもショット2の湾曲が強調されている。ショット2の像は、中心部が凸の滑らかな曲面を描く。ステップ4のレンズが持つ像面湾曲によってショット2の端部と中心部とでは像が結ばれる位置が異なる。そのため、ベストフォーカスとなる設定も異なる。つまり、フォーカス測定用マーク3a～3dでベストフォーカス状態であっても、中心部のフォーカス測定用マーク3eはベストフォーカスから像面湾曲の分だけ外れることになる。そこで、フォーカス測定用マーク3eとフォーカス測定用マーク3a～3dとを結ぶ直線に交差する平面PLを仮定し、ショット2の端部におけるベストフォーカスからのずれ量と、中心部におけるベストフォーカスからのずれ量より、その平面PLにおけるベストフォーカスからのずれ量が最小になるように設定する。

【0029】例えば、フォーカス測定用マーク3a～3e真のずれ量を $Sa \sim Se$ と表すと、平面PLのずれ量 Sp は、

【0030】この平面PLの補正も予測することかできる。フォーカス値を Si 、SEM10で測定されるずれ量から計算された平面PLのずれ量を $(-Spi)$ と表すと、予想フォーカス値 $S0$ は、平均値を用いて、 $S0 = \sum (Si - Spi) / n \dots \dots (式10)$ で与えられる。

【0031】また、予想フォーカス値 $S0$ は、平均値に変動項を加味して、

法精度がそれぞれ異なる場合がある。例えば、フォーカス測定用マーク3-jの周囲の領域 A_rj は、フォーカス測定用マーク3-nの周囲の領域 A_rn よりも高い寸法精度が要求される。その場合に、フォーカス測定用マーク3-jの真のずれ量とフォーカス測定用マーク3-nの真のずれ量と同じに扱えば、フォーカス測定用マーク3-nのずれの影響で、高い寸法精度を要求されている領域 A_rj で規格が満たされなくなる場合がある。

【0033】そこで、高い寸法精度を要求される領域に近い所のフォーカス測定用マークのずれ量をフォーカス値の設定に大きく反映させ、逆に低い寸法精度を要求される領域に近いところのフォーカス測定用マークのずれ量をフォーカス値の設定にあまり反映させないように重み付けを行う。

【0034】重みをつけて得られるフォーカスのずれ量 $(-H_i)$ は、フォーカス測定用マーク3 $p \sim 3s$ の S

$$H = (k_1 \times G_1 + k_2 \times G_2 + \dots + k_m \times G_m) / (k_1 + k_2 + \dots + k_m) \quad \text{…… (式12)}$$

で与えられる。なお、係数 $k_1 \sim k_m$ はそれぞれゼロとすることもでき、その場合には低い寸法精度を要求される領域にはフォーカス測定用マークが配置されなかったのと同じ結果が得られる。

【0035】この重みをつけて得られるフォーカスのずれ量 $(-H)$ の補正も予測することができる。フォーカス

$$S_0 = \sum (S_i - H_i) / n \quad \text{…… (式13)}$$

$$+ q \times \{ (S_1 - H_1) - (S_2 - H_2) + \dots \} \quad \text{…… (式14)}$$

で与えられる。この n 、 q は統計的計算毎に適当に設定される定数である。このずれ量 H_i の過去のロットのデータを用いて、式13、式14のような統計的計算を行うことにより、予想フォーカス値 S_0 を予測し、この予想フォーカス値 S_0 を用いて生産管理システム本体31がステップ4を設定することにより、フォーカス補正の精度を向上させることができる。

【0037】実施の形態5、実施の形態5によるフォーカスの補正方法は、ウェーハの反りを考慮に入れた補正である。図37に示すように、ウェーハ1の最外周部1bと中心部1aとの高さに違いがでる。この高さの違いを考慮して実施の形態5によるフォーカスの補正方法を行うためには、ウェーハ上に複数回照射されるショットで各々形成されるフォーカス測定用マークをウェーハ上の位置によって分類することが必要になる。例えば、図1のショット2a \sim 2dはウェーハ1最外周部1bに照射されているショットであり、そのショット2a \sim 2dによって形成されるフォーカス測定用マーク3p \sim 3sは最外周部1bに配置されたマークの集合に分類される。一方、図1のショット2eはウェーハ1の中心部1aに照射されているショットであり、そのショット2eによって形成されるフォーカス測定用マーク3tは中心部1aに配置されたマークの集合に分類される。ウェーハ1の残留反り量 J は、ウェーハ1の中心部1aのショットのベストフォーカスからのずれ量 $W1$ とウェーハ1の最外周部1bのショットのベストフォーカスからのずれ量 $W2$ との差 $(J = W1 - W2)$ で定義される。すなわち

$$J_0 = \sum J_i / n + q \times (J_1 - J_2) \quad \text{…… (式16)}$$

で与えられる。なお、一回の統計的計算に用いられる過去のデータ J_i は、少なくとも同一の履歴を経たものでなければならない。例えば、同種の製品であればよく、同種の製品でなくてもウェーハ1上に形成される膜の種

$$M = J_0 \times \{ \text{各ショットのウェーハ1の中心からの距離} \div \text{ウェーハ最外周部のショットのウェーハ1の中心からの距離} \} + W1 \quad \text{…… (式17)}$$

で与えられる。この式17で求めたフォーカス値 M を露光時の各ショットのフォーカス値として用いれば、ウェーハ1の中の一つのショット2のずれ量を全てのショット2のフォーカス値として用いる場合に較べて精度の向

上を向上させることができる。また、ウェーハ1の中心部1aのベストフォーカスからのずれ量 $W1$ とウェーハ1の最外周部1bのベストフォーカスからのずれ量 $W2$ との差 J を用いて、

平均値を用いて、

$$S_0 = \sum (S_i - H_i) / n \quad \text{…… (式13)}$$

で与えられる。

【0036】また、予想フォーカス値 S_0 は、平均値に変動項を加味して、

フォーカスに対する各ショットのずれ量は、例えば一つのショット内にあるフォーカス測定用マークのずれ量で近似的に与えてもよく、また複数のフォーカス測定用マークのずれ量の平均値で近似的に与えてもよい。一つのフォーカス測定用マークのずれ量でショットのずれ量を代表させるときには、そのフォーカス測定用マークのショットにおける位置はショット間で統一しておくことが望ましい。例えば、フォーカス測定用マーク3p \sim 3sのベストフォーカスからのずれ量と、フォーカス測定用マーク3tのベストフォーカスからのずれ量との差で与えられる。最外周部1bにあるフォーカス測定用マーク3p \sim 3sのベストフォーカスからのずれ量は、一つのフォーカス測定用マークから求めてもよく、また複数のフォーカス測定用マークのずれ量を平均して求めてもよい。通常は、ウェーハ1のレバリングが正しく行われているため、最外周部1bにある一つのフォーカス測定用マークを用いてもほぼ正しく最外周部1bの高さを代表することができる。

【0038】ウェーハ1の残留反り量 J も実施の形態1におけるベストフォーカスからのずれ量 S_0 と同様に予測することができる。予測残留反り量 J_0 は、例えばデータベース31bに記憶されている過去のデータ J_i

$$J_0 = \sum J_i / n \quad \text{…… (式15)}$$

で与えられる。あるいは、予測残留反り量 J_0 は、変動項を加味して、

種と膜厚が同じで同じ熱履歴を有するものであれば、同じ履歴を経たものとして取り扱うことが可能である。

【0039】この予測残留反り量 J_0 を考慮したウェーハ1内の各ショットのフォーカス値 M の計算式は、

上を同様、また、ウェーハ1の中の全てのショット2毎に測定と計算を繰り返してフォーカス値を求める場合に較べて測定及び計算の簡略化が図れる。

【0040】なお、実施の形態1 \sim 5で説明したデータ

の統計的な処理においては、以下に説明するような処理を加えてもよい。図3-8は、処理されたロットの順番と当該ロットの真のずれ量との関係を示すグラフである。

図3-8のグラフに示されているデータは、例えば図2-8のステップST11等と同じ工程を経て選別されたデータである。図3-8に示されているデータ番号1+2の真のずれ量は、他のデータ番号の真のずれ量から突出している。

これは、ステップH4の誤動作、重ね合わせ検査装置における測定誤り、オペレータの操作ミス等が原因で生じたものと推定される。このデータ番号1+2の真のずれ量をそのまま用いて予想ステップ補正値を算出すると、図3-9に実線で示すように、データ番号1、1+1のステップ補正値が最適なステップ補正値よりも大きくなり、データ番号1、1+1のデータが、データ番号1+2のデータに続いて規格値からはずれる可能性が大きくなる。このように大きく値がずれる原因であるオペレータの操作ミス等は、一過性のものでかつその値が大きいため、予想ステップ補正値の計算に与える影響が

$$\text{フィルタ量} = \text{SEMによるずれ量の測定直後の真のずれ量} - \text{直前の真のずれ量}$$

…(式1-8)。

という計算が行われる。ここで、直前の真のずれ量は、ステップST302で抽出されたデータである。ステップST304では、ステップST303において式1-8を計算して得たフィルタ量と所定の規格値とを比較判定する。例えば、規格値>フィルタ量の場合、判定結果は合格(OK)とされる。一方、規格値≤フィルタ量の場合、判定結果は不合格(NG)とされる。不合格と判定された場合には、ステップST305に進み、SEMによるずれ量の測定直後の真のずれ量と同じ並列に、判定結果不合格

(NG)を示すフラグを入力する。すなわち、フラグが付された真のずれ量に関するデータは、判定結果不合格であることを示す。このようなフラグが付されたデータは、例えば図2-8のステップST201においては選別されないように設定する。そのような設定を行うことによって、異常データを取り除くフィルタ機能を持たせることができる。

【0041】このようなフィルタ機能を適用した場合のステップ補正値およびSEMによるずれ量の測定結果を図3-9および図4-6に破線で示す。フィルタ機能を適用することによって、データ番号1+2のデータが計算に用いられるデータから排除されて、予想ステップ補正値に反映されないため、ステップ補正値が必要以上に大きくなり、SEMによるずれ量の測定結果も規格値に収まる可能性が高くなる。つまり、フォーカスの補正方法に対してフィルタ機能を持たせることは、フォーカス補正の精度を向上し、改善することとなる。

【0043】図4-2は製品Aと製品Bの処理経過を示すタイミングチャートである。図4-2を用いて露光制限について説明する。製品Aに続いて製品BがステップH4で処理されるものとする。このとき、製品Aと製品Bのデ

タは、それぞれ、同一で露光処理されないのが好ましい。したがって、このようなデータを加えて予想フォーカス補正値を計算することによってフォーカス補正の精度が悪化する可能性が大きい。したがって図4-0に実施で示すように規格値から外れる可能性が大きい。なるのである。

【0044】実施の形態1～5のフォーカスの補正方法においては、図3-8に示すデータ番号1+2のような異常なデータを予想ステップ補正値の計算から排除することができる。図4-1は、その手順を示すフローチャートである。図4-1に示す処理は、データベース3-10にデータを登録する際に実行される。まず、ステップST301では、図2-8のステップST11と同様にデータの選別が行われる。次に、ステップST302では、選別されたデータの中から最新のデータが一つ抽出される。最新のデータは、それぞれの予想ステップ補正値の計算に用いられる。選別された各グループの中で最も新しいものである。ステップST302では、

データは、例えば図2-8のステップST11で選別される際に、同じグループに分類されるデータである。製品Aの露光処理終了後に製品Bの露光をする場合には、製品AについてのSEMによるずれ量の測定が終了する前の時点(時刻t-1-1)で露光を開始する場合と、製品Aにつ

いてのSEMによるずれ量の測定が終了した後の時点(時刻t-1-2)で露光を開始する場合との2通りの場合がある。露光制限とは、製品AについてSEMによるずれ量の測定終了前(時刻t-1-1)での製品Bの露光処理を禁止し、製品Aのずれ量の測定終了後(時刻t-1-2)における製品Bの露光処理を許可することである。このようにすると、製品Bの露光処理においては、必ず最新のフォーカスに係わるデータが利用できるため、フォーカス補正の精度が改善される可能性が高くなり、製品Aが規格外になったときに製品Aのフォーカスに係わるデータが利用できないため製品Bが規格外になってしまうのを少なくすることができる。

【0044】図4-3は、フォーカスの補正方法の中の露光制限の手順を示すフローチャートである。ステップST401は、ステップST301と同様に、フォーカスに係わるデータを選別するステップである。ステップST401に続いてステップST402で、最新のデータの一つを抽出する。このステップST402はステップST302と同様である。ただし、抽出して利用するデータは、フォーカスに係わるデータに付与されているSEMによるずれ量測定処理完了フラグである。この測定処理完了フラグは、例えばデータベース3-10に登録する際に入力される。ステップST403では、この測定処理完了フラグの有無を判定する。測定処理完了フラグが付与されていない場合には、その製品のステップH4処理を禁止するため露光処理禁止処置を指

示する処理禁止情報も出力される。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1記載のフォーカスの補正方法または請求項10記載の半導体装置の製造方法によれば、第1及び第2の測定工程を製品の製造毎に実施してベストフォーカスからのずれ量を製品毎に簡単に測定でき、従来に較べて短い周期でフォーカス値の設定を変更でき、フォーカス補正の精度を向上させることができるという効果がある。

【0046】請求項2記載のフォーカスの補正方法によれば、ベストフォーカスからのずれ量に関する過去のデータから予想フォーカス値を算出し、この予想フォーカス値に基づいてフォーカス値の設定がなされるので、フォーカス値の予測をしない場合に較べてフォーカス補正の精度を向上させることができるという効果がある。

【0047】請求項3記載のフォーカスの補正方法によれば、簡単に予想フォーカス値を得ることができ、簡単にフォーカス補正の精度を向上させることができるという効果がある。

【0048】請求項4記載のフォーカスの補正方法によれば、真のずれ量の平均値に変動項を加えることによって予想フォーカス値の予測の確度が向上するため、平均値を予想フォーカス値として用いる場合に較べてフォーカス補正の確度が向上するという効果がある。

【0049】請求項5記載のフォーカスの補正方法によれば、ショットの傾きによる誤差を修正してフォーカスの補正ができ、フォーカス補正の精度を上げることができるという効果がある。

【0050】請求項6記載のフォーカスの補正方法によれば、ショットにおける像面湾曲の影響を考慮してフォーカスの補正ができ、フォーカス補正の精度を上げることかできるという効果がある。

【0051】請求項7記載のフォーカスの補正方法によれば、フォーカス補正の精度の向上の要求が高い場所の精度を重点的に向上させることができるという効果がある。

【0052】請求項8記載のフォーカスの補正方法によれば、ウェーハに対する全てのショットについてフォーカスの状態を測定しなくても、ウェーハの残留膜厚量の違いを反映してフォーカスを行うことができるという効果がある。

【0053】請求項9記載のフォーカスの補正方法によれば、90度以下の角を用いることで、フォーカスのずれの方向を示すフォーカス測定用マークのテーパ部を大きくでき、ベストフォーカスからのずれ量の測定が容易になるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】ウェーハとショットとフォーカス測定用マークとの関係を示す概念図である。

【図2】フォーカス測定用マークの形状の一例を示す

平面図である。

【図3】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第1の例を示す絵画図である。

【図4】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第2の例を示す絵画図である。

【図5】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第3の例を示す絵画図である。

【図6】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第4の例を示す絵画図である。

【図7】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第5の例を示す絵画図である。

【図8】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第6の例を示す絵画図である。

【図9】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第7の例を示す絵画図である。

【図10】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第8の例を示す絵画図である。

【図11】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第9の例を示す絵画図である。

【図12】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第10の例を示す絵画図である。

【図13】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第11の例を示す絵画図である。

【図14】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第12の例を示す絵画図である。

【図15】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第13の例を示す絵画図である。

【図16】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第14の例を示す絵画図である。

【図17】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第15の例を示す絵画図である。

【図18】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第16の例を示す絵画図である。

【図19】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第17の例を示す絵画図である。

【図20】走査型電子顕微鏡により観測されたフォーカス測定用マークの第18の例を示す絵画図である。

【図21】ベストフォーカスからのずれ量とフォーカス測定用マークの長手方向の長さとの関係を示すグラフである。

【図22】走査型電子顕微鏡の構造を説明するための概念図である。

【図23】走査型電子顕微鏡の画像と二次電子信号波形との関係を説明するための図である。

【図24】ベストフォーカスからのずれとフォーカス測定用マークのテーパ部の長さとの関係を示すグラフである。

【図25】ベストフォーカスからのずれ量の測定手順を示すフローチャートである。

【図26】生産システムの構成を示すブロック図であ

る。

【図27】 データベースに蓄積されている真のずれ量と予想フォーカス値との関係の一例を示すグラフである。

【図28】 予想フォーカス値の計算手順の一例を示すフローチャートである。

【図29】 データベースに蓄積されている真のずれ量と予想フォーカス値との関係の他の例を示すグラフである。

【図30】 予想フォーカス値の計算手順の他の例を示すフローチャートである。

【図31】 バストフォーカス値からのずれ量の時間的変動を示すグラフである。

【図32】 ショットの中のフォーカス測定用マークの配置の一例を示す平面図である。

【図33】 ショットの傾きの時間的変動を示すグラフである。

【図34】 ショットの中のフォーカス測定用マークの配置の他の例を示す平面図である。

【図35】 像面湾曲を説明するための概念図である。

【図36】 ショットの中のフォーカス測定用マークの

配置の他の例を示す平面図である。

【図37】 ウェーハの残留反り量を説明するための図である。

【図38】 処理されたロットの傾きと当該ロットの真のずれ量との関係を示すグラフである。

【図39】 フィルタがフォーカス値に及ぼす影響を説明するためのグラフである。

【図40】 フィルタがずれ量の測定結果に及ぼす影響を説明するためのグラフである。

【図41】 異常なデータを予想ステップ補正値の計算から排除する手順を示すフローチャートである。

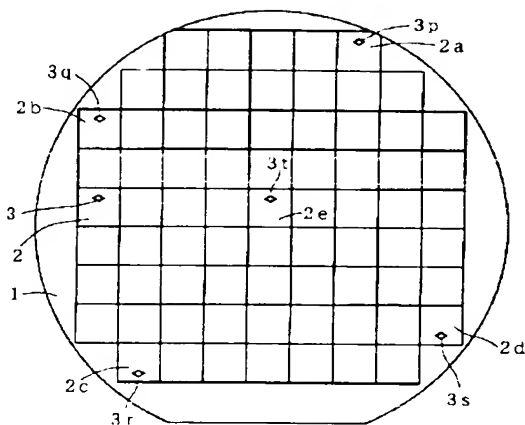
【図42】 製品Aと製品Bの処理経過を示すタイミングチャートである。

【図43】 フォーカスの補正方法の中の露光制限の手順を示すフローチャートである。

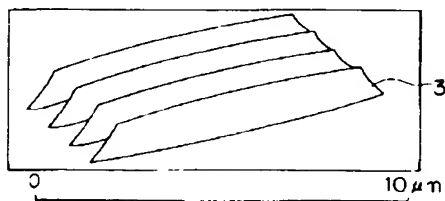
【符号の説明】

1 ウェーハ、2 ショット、3、3a～3e、3p～3t、3-1～3-mフォーカス測定用マーク、4 角、20 テーパ部、10 走査型電子顕微鏡（SEM）、30 生産システム、43 ステップ。

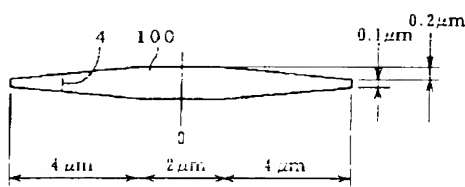
【図1】



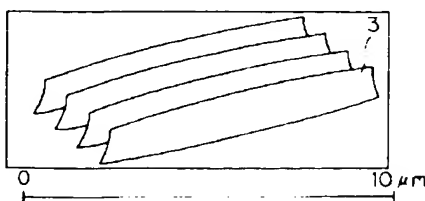
【図3】



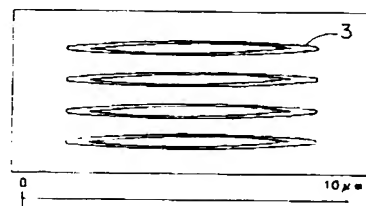
【図2】



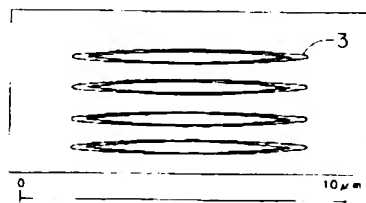
【図4】



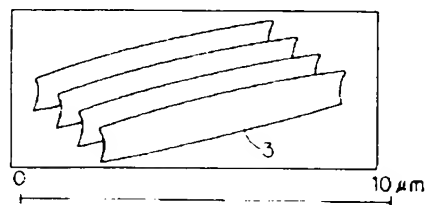
【図12】



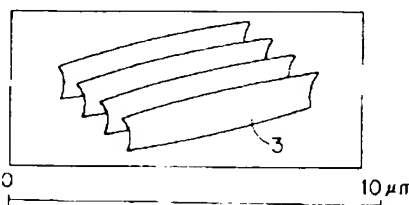
【図13】



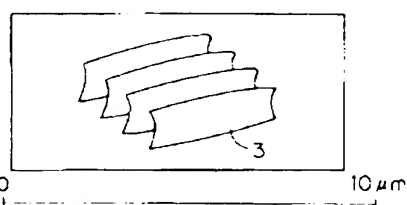
【図5】



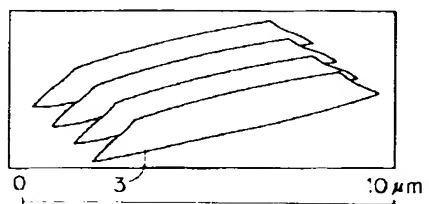
【図6】



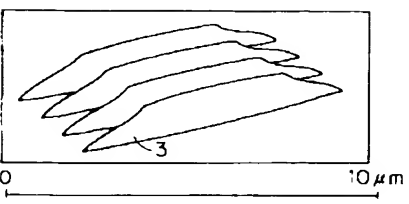
【図7】



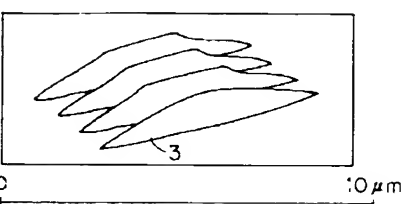
【図8】



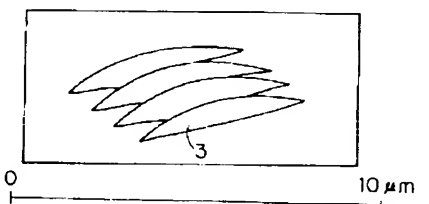
【図9】



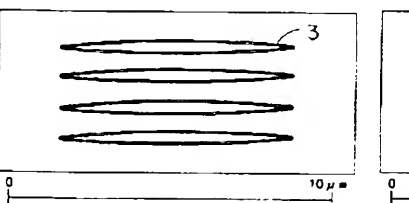
【図10】



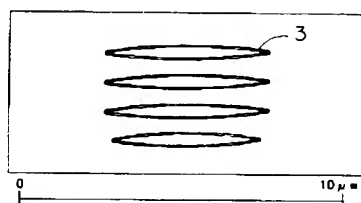
【図11】



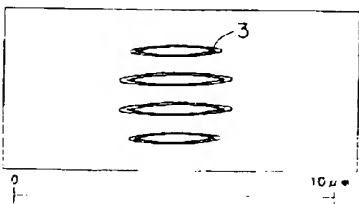
【図14】



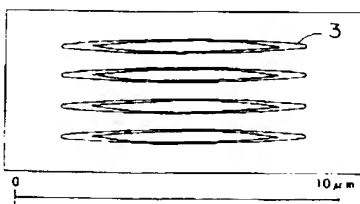
【図15】



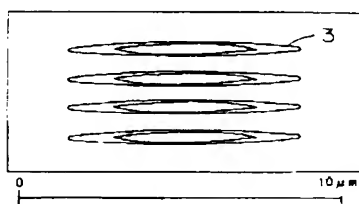
【図16】



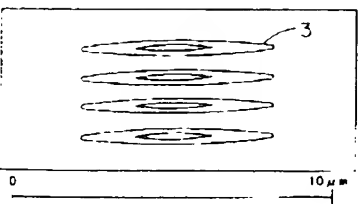
【図17】



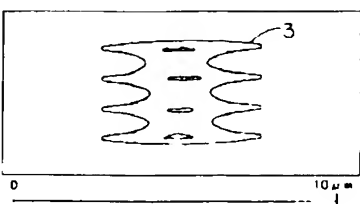
【図18】



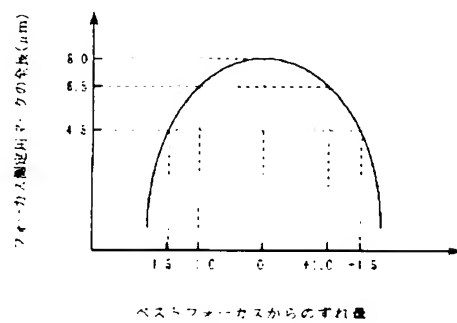
【図19】



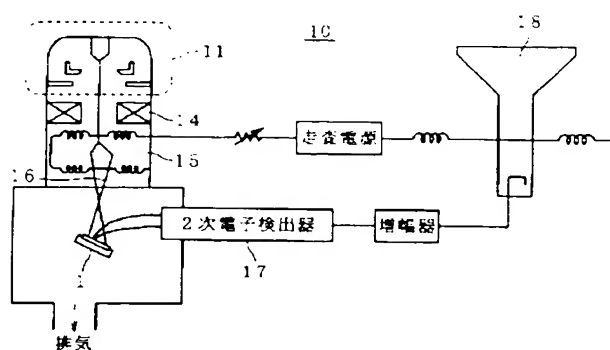
【図20】



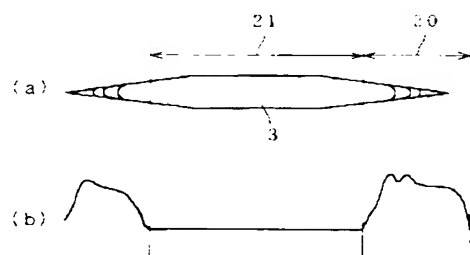
【図21】



【図2.2】

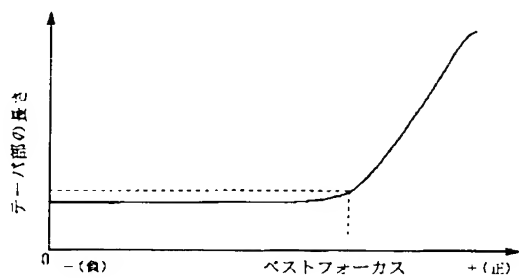


【図2.3】

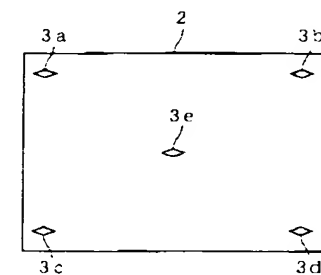
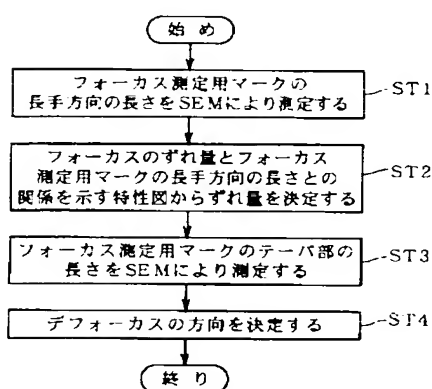


【図3.4】

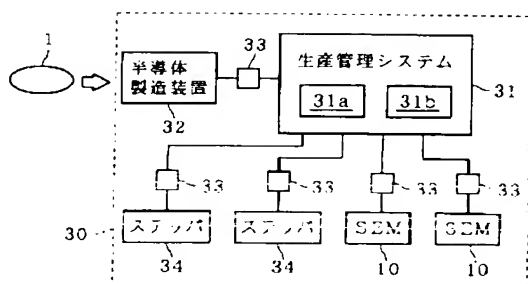
【図2.4】



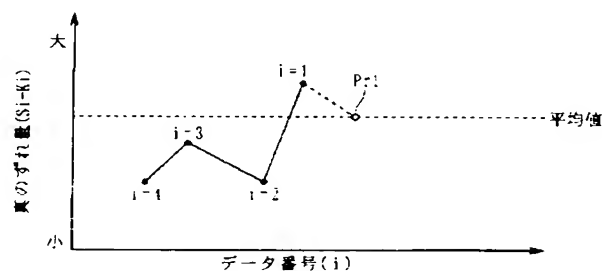
【図2.5】



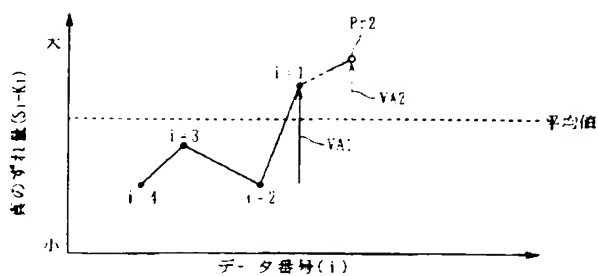
【図2.6】



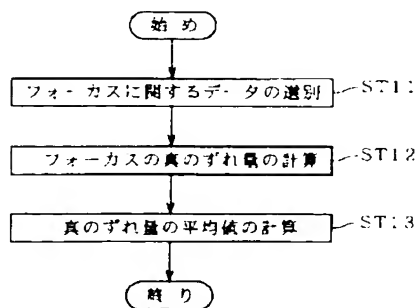
【図2.7】



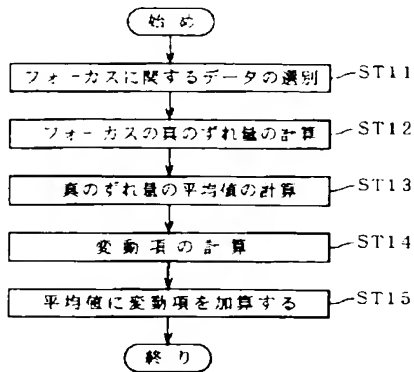
【図2.9】



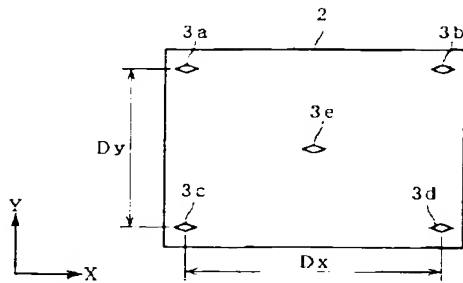
【図2.8】



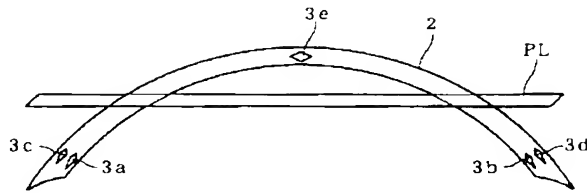
【図30】



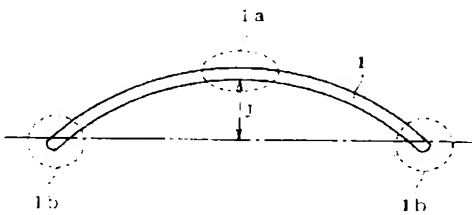
【図32】



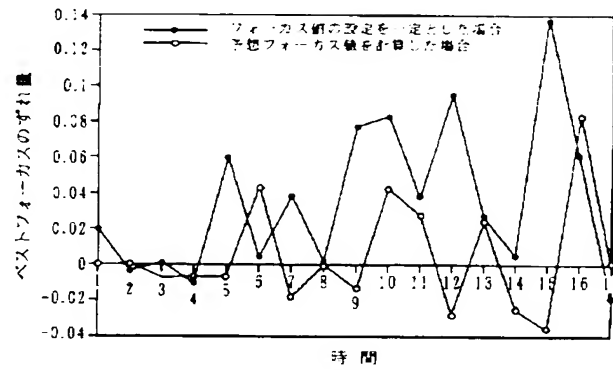
【図35】



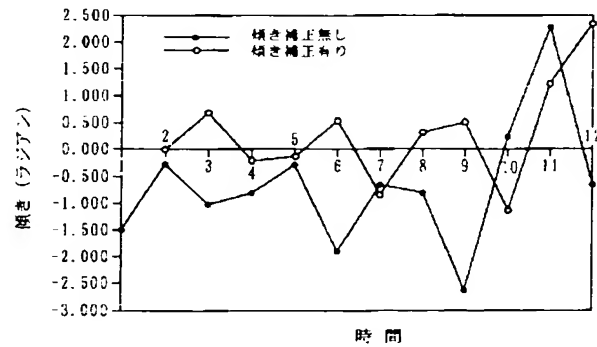
【図37】



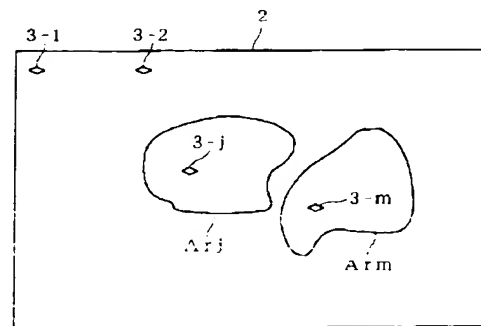
【図31】



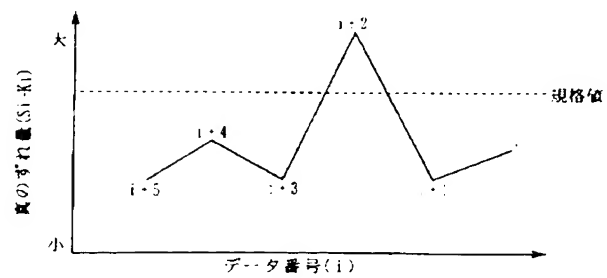
【図33】



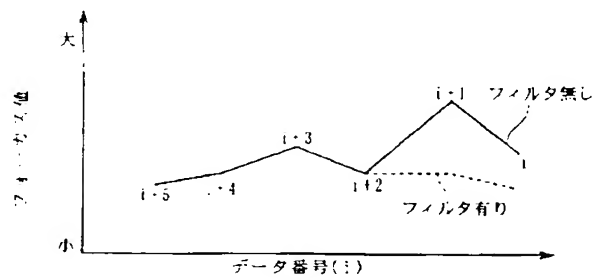
【図36】



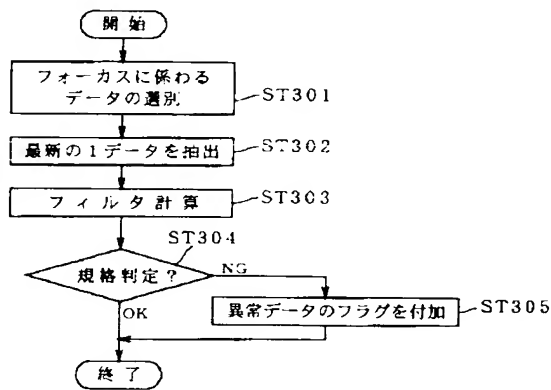
【図38】



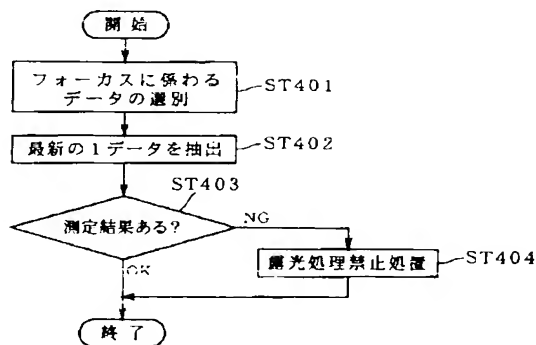
【図39】



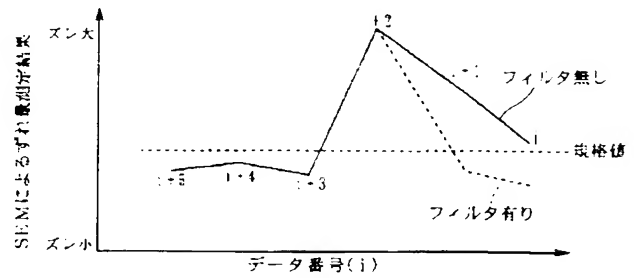
【図41】



【図43】



【図40】



【図42】

